

чувствительными параметрами скачков Баркгаузена (СБ) при изменении напряженного состояния являются амплитуда и число скачков, которые растут с ростом напряжения растяжения и уменьшаются при напряжениях сжатия (рис.1). Таким образом, измерения параметров магнитного шума позволяют судить как о величине, так и о направлении распределения механических напряжений в ферромагнитных материалах.

В данной работе приводятся некоторые результаты исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) стального образца, основанного на измерении среднего значения амплитуды СБ. На рисунке 2 приведена методика измерения. На исследуемый образец 1 накладывается специальный датчик 2. Основными элементами датчика [2] являются обмотка возбуждения и обмотка измерения СБ. Гармонический сигнал возбуждения и измерения амплитуды СБ осуществляется прибором 3, изготовленный в лаборатории. Напряжения сжатия и растяжения на образце создавались на специальной установке путем изгиба образца определенным усилием.

На рисунке 3 приведены некоторые результаты измерений. Как видим, при растяжении увеличивается уровень магнитного шума, а при сжатии уменьшается по линейному закону.

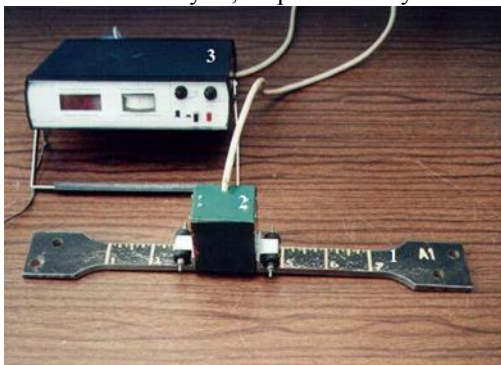


рис.2 Внешний вид экспериментальной установки

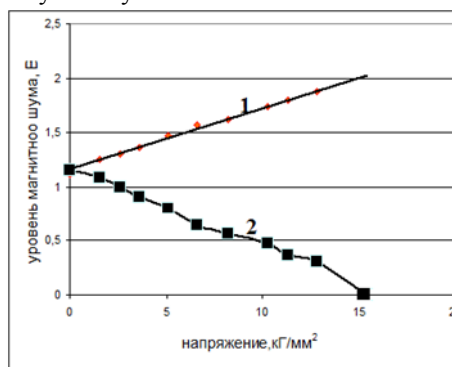


рис. 3 Зависимость уровня шумов Баркгаузена от напряжений ( $\sigma$ ) растяжения 1) и сжатия 2)

Список публикаций:

- [1] Максимочкин В.И., Гарифуллин Н.М., Щеглов П.А. Возможности эффекта Баркгаузена для определения структурных изменений в трубных сталях //Труды 4-ой Международной конференции «Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкции и методы их решения». – Санкт-Петербург, 2001. С.204.  
 [2] Максимочкин В.И., Гарифуллин Н.М., Сулейманов Н.Т. Магнитоупругий датчик для определения механических напряжений в ферромагнитных материалах // Патент на изобретение №249459 от 10 сентября 2013г.

## Проект цифровой обработки сигналов электромагнитного калориметра Супер С-т фабрики

**Глушак Анастасия Андреевна**

Новосибирский государственный технический университет

Жуланов Владимир Викторович, к.т.н.

[nastya.glushak.97@mail.ru](mailto:nastya.glushak.97@mail.ru)

Супер С-т фабрика – строящийся в Институте ядерной физики (ИЯФ СО РАН) ускорительный комплекс на встречных электрон-позитронных пучках с энергией от 2 до 5 ГэВ и светимостью около  $10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Целью создания такой установки является изучение процессов с с-кварками и т-лептонами со статистикой, превышающей текущую как минимум на 2 порядка.

Для выполнения физической программы на данной установке требуется универсальный магнитный детектор [1]. Одной из подсистем детектора является электромагнитный калориметр. В задачу калориметра входит преобразование с помощью сцинтилляционных счетчиков как можно большей части выделенной энергии регистрируемых частиц в пропорциональные по величине и удобные для измерения сигналы. В качестве сцинтилляторов в проекте Супер С-т фабрика будут использоваться кристаллы чистого йодистого цезия (CsI) с временем высвечивания  $\tau_s=30 \text{ нс}$ .

Основными задачами считывающей электроники калориметра являются: формирование сигналов с зарядочувствительных предусилителей для минимизации уровня электронного шума, оцифровка сигнала с анализом формы для вычисления основных характеристик и формирование пакетов для передачи в общую систему сбора данных. Для решения этих задач создается 16-канальная плата усилителей-формирователей и

АЦП. На данный момент разрабатывается её четырехканальный прототип для отладки работы модуля и проверки передачи данных по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС). В ходе работы над прототипом была составлена принципиальная схема формирующего усилителя, рассчитаны параметры каскадов и шумовые характеристики [2], выполнено моделирование сигналов электроники канала регистрации и произведена трассировка печатной платы.

Следующим этапом работы является разработка дизайна программируемого пользователем вентиляционной матрицы (FPGA). Задачу разработки можно разделить на 2 этапа: написание алгоритма вычисления основных характеристик (амплитуды, времени появления относительно сигнала триггерной системы и качества аппроксимации) и интерфейса передачи данных по ВОЛС на языке VHDL.

Целью работы является разработка проекта цифровой обработки сигналов для FPGA. Для достижения поставленной цели ставятся задачи разработки общей структуры проекта, исследования основных методов извлечения полезных характеристик и поиск аналитической формы выходного сигнала формирующего усилителя.

Структура проекта цифровой обработки сигнала показана на рис. 1. Данные с АЦП поступают на вход FPGA в последовательном виде, где они десериализуются и записываются в кольцевой буфер. По мере готовности сигнального процессора DSP для обработки события данные с кольцевого буфера переписываются в процессор. Через Ethernet трансивер в блок памяти RAM записываются предварительно вычисленные коэффициенты. После восстановления амплитуды сигнала и времени появления выходные данные передаются в упаковщик, в котором происходит формирование пакетов и их передача в общую систему сбора данных.

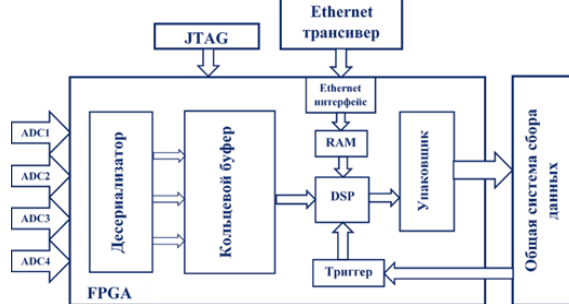


рис.1. Структура проекта цифровой обработки данных

К основным методам вычисления амплитуды сигнала можно отнести: поиск простого максимума, метод численного интегрирования и минимизация функции  $\chi^2(A)$ . Время появления также можно найти с помощью минимизации функции  $\chi^2(t)$ .

Для работы с методом минимизации функции  $\chi^2$  необходимо знать аналитическую формулу сигнала. Уравнение выходного сигнала усилителя в общем случае является сверткой сигнала с сцинтиллятора и импульсной характеристики системы ЗЧУ – формирующая часть усилителя с учетом уравнения вспышки сцинтилляционного света и паразитного интегрирования. В ходе работы было выполнено поэтапное вычисление импульсной характеристики системы ЗЧУ – формирующий усилитель. В результате была получена формула (1):

$$h(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ A * ((b^2t - k) \sin(bt) - (kbt + 2b) \cos(bt) + 2b) * e^{2at}, t \geq 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где A, k, a, b – коэффициенты, зависящие от параметров усилителя. После вычисления импульсной характеристики было найдено уравнение выходного сигнала (формула (2)):

$$U_s(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ UA \frac{e^{-\frac{t}{\tau_s}} (ke^{kt} \sin(bt) + bkte^{kt} \cos(bt) - 2be^{kt} + 2b)}{k}, t \geq 0 \end{cases}, \quad (2).$$

После этого с помощью метода Монте-Карло будет определена точность восстановления амплитуды и времени для каждого метода. По результатам этого метода будет сделан окончательный выбор алгоритма вычисления амплитуды и времени появления, вычислены необходимые коэффициенты.

Список публикаций:

- [1] Супер Чарм – Тау фабрика. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ЧАСТЬ 1 (физическая программа, детектор)/ В.В. Анашин, А.В. Анисёнков, В.М. Аульченко и др. – Новосибирск: ИЯФ СО РАН, 2018. – 136 с.
- [2] Глушак А. А. «Формирующий усилитель спектрометрического канала регистрации сигналов» [Текст]/ А. А. Глушак // Наука и практика: проектная деятельность-от идеи до внедрения: материалы VIII регион. науч.-практ. конф., Томск, 2019.-Томск, 2019.- Ч.II.- С. 473-476